

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



pro ipse

31011 U.S. PTO

10/057490



01/24/02

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 03 336.2

Anmeldetag: 25. Januar 2001

Anmelder/Inhaber: Dialog Semiconductor GmbH, Heidelberg, Neckar/DE

Bezeichnung: Lade-/Entlade-Schutzschaltung für eine wiederauflad-
bare Batterie

IPC: H 02 H, H 02 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. November 2001
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Walner



25.01.2001

Dialog Semiconductor GmbH

37.088-rp/hu

**Lade-/Entlade-Schutzschaltung für eine
wiederaufladbare Batterie**

5

Die Erfindung betrifft eine Lade/Entlade-Schutzschaltung für eine über eine Schmelzsicherung abgesicherte, wiederaufladbare Batterie, mit einer Steuerlogik, die einen Lastschalter in Abhängigkeit von den Werten der Batteriespannung, der Spannung an den Lade-/Entlade-Anschlüssen der Schutzschaltung und dem Lade- oder Entladestrom schließt oder öffnet.

Eine derartige Schutzschaltung ist als integrierte Schaltung mit der Bezeichnung UCC 3952 der Firma Texas Instruments bekannt. Sie überwacht u.a. die Ladeschlußspannung und die Entladeschlußspannung der Batterie und trennt im ersteren Fall das Ladegerät, im letzteren Fall den Verbraucher, z.B. ein Mobilfunkgerät, durch Öffnen des Lastschalters von der Batterie. Die Schutzschaltung überwacht außerdem mittels eines Stromfühlerwiderstandes den Entladestrom und öffnet den Lastschalter bei Überschreiten eines Grenzwertes (von z.B. 3 A).

Die Spannungsfestigkeit der bekannten Schutzschaltung und die Durchbruchspannung des Lastschalters müssen für die höchste (vernünftigerweise zu erwartende) Anschlußspannung ausgelegt sein, die z.B. beim Anschließen eines fehlerhaften Ladegerätes oder Ladegerätes, das für eine Batterie mit höherer als der tatsächlichen Spannung bzw. Zellenzahl bestimmt ist, auftritt.

Zur Erzielung einer großen Spannungsfestigkeit bzw. Durchbruchspannung sind in integrierter Schaltungstechnik entweder große Siliziumflächen oder/und Spezialtechnologien notwendig. Alternativ kann zwar die Steuerlogik mit einer

der tatsächlichen Batteriespannung angepaßten Spannungsfestigkeit ausgeführt werden, jedoch muß dann der Lastschalter als externes Bauelement mit entsprechend hoher Durchbruchspannung ausgelegt sein.

5

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lade-/ Entlade-Schutzschaltung der einleitend angegebenen Gattung zu schaffen, die im normalen Betrieb die üblichen Funktionen bietet, deren Spannungsfestigkeit sich jedoch nur nach der tatsächlichen maximalen Batteriespannung zu richten braucht und die sich daher preiswert und im Falle einer integrierten Schaltungstechnik auf einen Chip kleinen Volumens fertigen läßt.

15 Diese Aufgabe ist bei einer Schutzschaltung der einleitend angegebenen Gattung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Steuerlogik einen Überspannungsdetektor enthält, der bei Erreichen eines in Abhängigkeit von der Spannungsfestigkeit der Schutzschaltung festgelegten Spannungsgrenzwertes einen Kurzschlußschalter schließt, der die Batterieanschlüsse über die Schmelzsicherung verbindet.

Im vorliegenden Zusammenhang stehen die Begriffe "Batterie" und "Batteriespannung" stellvertretend für eine wiederaufladbare Stromquelle bzw. deren Spannung, insbesondere auch für eine nur aus einer einzigen Zelle, z.B. einer Lithium-ionenzelle, bestehenden Spannungsquelle. Solche Spannungsquellen werden bekanntlich u.a. zur Versorgung von Mobiltelefonen eingesetzt und unterliegen deshalb besonderen Sicherheitsvorschriften. Insbesondere muß eine massive Überladung wegen der damit verbundenen Explosions- und Entzündungsgefahr sicher verhindert werden. Das gelingt nach dem Vorschlag der Erfindung auch mit einer Schaltungstechnologie mit einer erheblich geringeren als der für den ungünstigsten Fall an sich erforderlichen Spannungsfestigkeit, und zwar dadurch, daß bei Erreichen eines geeignet festgelegten

Spannungsgrenzwertes der Kurzschlußschalter schließt und der dadurch verursachte Kurzschlußstrom zur sicheren Zerstörung der Schmelzsicherung führt, wodurch die Batterie vor einer gefährlichen Überladung geschützt ist.

5

Der Vorschlag nach der Erfindung ermöglicht es deshalb, die Schutzschaltung in Standardsubmicrontechnik mit geringer Durchbruchspannung kostengünstig zu realisieren und ggfs. den bisher häufig als eigene Komponente realisierten Lastschalter auf dem gleichen Chip wie die übrigen Schaltungsteile der Schutzschaltung zu integrieren.

Bevorzugt erhält der Überspannungsdetektor als Eingangsspannung die Spannung über dem geöffneten Laststromschalter (Anspruch 2). Der Spannungsgrenzwert, bei dessen Erreichen der Überspannungsdetektor anspricht, ist in diesem Fall als knapp unter der Durchbruchspannung des Laststromschalters liegende Spannung definiert.

Alternativ kann der Überspannungsdetektor als Eingangsspannung die Differenz zwischen der Spannung an den Lade-/Entlade-Anschlüssen und der Spannung an den Batterieanschlüssen erhalten (Anspruch 3). Als Spannungsgrenzwert ist dann diejenige höchste Spannung definiert, bei der zumindest alle funktionswichtigen Schaltungsteile der Schutzschaltung noch zuverlässig arbeiten.

Bevorzugt schließt die Steuerlogik bei Überschreitung des Spannungsgrenzwertes den zuvor offenen Laststromschalter und anschließend zeitverzögert den Kurzschlußschalter (Anspruch 4). Der Laststromschalter ist in dem betrachteten Fehlerfall deshalb offen, weil die Schutzschaltung im Rahmen ihrer normalen Funktion die Überschreitung des für den normalen Ladebetrieb maximal zulässigen Ladestroms festgestellt und dementsprechend den Laststromschalter geöffnet hat. Durch das Schließen des Laststromschalters bei Überschreitung des

Spannungsgrenzwertes wird die gefährlich hohe Spannung über dem Laststromschalter abgebaut. Zwar fließt nun ein unzulässig hoher Ladestrom. Bei ausreichender Stromstärke kann dies bereits zum gewünschten Durchbrennen der Schmelzsicherung
 5 führen. Reicht die Stromstärke hierfür nicht aus, so schließt nach einer Verzögerungszeit im Bereich von Millisekunden oder höchstens von Sekunden der Kurzschlußschalter und löst dadurch die Zerstörung der Schmelzsicherung aus.

10 Zweckmäßig erhält die Steuerlogik eine erste Versorgungsspannung von der Batterie und zumindest bei zu niedriger Batteriespannung eine zweite Versorgungsspannung von einer Hilfsspannungsquelle, insbesondere einem geladenen Stützkondensator (Anspruch 5). Dadurch ist sichergestellt, daß die
 15 Schutzschaltung in dem hier betrachteten Fehlerfall ihre funktionsnotwendige Versorgungsspannung wenigstens solange erhält, bis die Schmelzsicherung zerstört ist.

Der Überspannungsdetektor umfaßt bevorzugt eine bistabile
 20 Kippschaltung (Anspruch 7), so daß auch ein nur kurzzeitiges Erreichen des festgelegten Spannungsgrenzwertes das Schließen des Kurzschlußschalters auslöst.

Weitere Ausführungsformen der Schutzschaltung sind in den
 25 Ansprüchen 8 bis 13 angegeben. Sie beziehen sich auf die Funktion der Schutzschaltung im normalen Betrieb, also den Schutz der Batterie bzw. Stromquelle gegen Überladung, Tiefentladung und Überschreiten des maximal zulässigen Lade- oder Entladestroms, sowie auf die Integrationsfähigkeit der
 30 Schutzschaltung.

Ein Ausführungsbeispiel einer Schutzschaltung nach der Erfindung ist schematisch vereinfacht in der Zeichnung dargestellt. Es zeigt:

- Figur 1 ein Blockschaltbild,
- Figur 2 ein erstes Ausführungsbeispiel des Überspannungs-
detektors innerhalb der Schutzschaltung nach Fi-
gur 1 und
- 5 Figur 3 ein zweites Ausführungsbeispiel des Überspan-
nungsdetektors.

Gemäß Figur 1 ist der negative Anschluß einer Lithiumionen-
zelle 1 über eine flinke Schmelzsicherung 2 mit einem Nenn-
10 auslösestrom von z.B. 4A und über einen steuerbaren Halblei-
terlastschalter 3 in Serie mit einem Stromfühlerwiderstand
4 mit dem einen Kontakt 5 eines Lade-/Entlade-Anschlusses
verbunden, dessen anderer Kontakt 6 mit dem positiven An-
schluß der Lithiumionenzelle 1 verbunden ist. Parallel zu
15 den Kontakten 5, 6 liegt ein Filterkondensator 7 als Schutz
gegen steilflankige Spannungsanstiege.

Die Schutzschaltung umfaßt eine insgesamt mit 10 bezeichnete
Steuerlogik, vorzugsweise in Form einer integrierten Schal-
20 tung. Diese vergleicht über Differenzverstärker D1 und D2
die über einen Widerstandsspannungsteiler R_1 , R_2 , R_3 herunter
geteilte Batteriespannung V_{batt} mit einer intern generierten
Bezugsspannung V_{ref} . Der Differenzverstärker D1 liefert bei
Unterspannung ein Ausgangssignal UV, der Differenzverstärker
25 D2 bei Überspannung ein Ausgangssignal OV. Weiter vergleicht
die Steuerlogik den Ladestrom und den Entladestrom mit je
einem vorgegebenen Maximalwert. Hierzu vergleichen Diffe-
renzverstärker D3 bzw. D4 die zwischen dem Lastschalter 3
und dem Stromfühlerwiderstand 4 abgegriffene Spannung V_{sense}
30 bzw. die Ausgangsspannung V_{out} an der Klemme 5 mit entspre-
chenden Bezugsspannungen, die mittels Widerständen R_4 bzw.
 R_5 in Reihe mit Konstantstromquellen I_1 und I_2 von V_{out} bzw.
 V_{sense} abgeleitet werden. Die Differenzverstärker D3 bzw. D4
liefern Ausgangssignale OCC bzw. OCD bei Erreichen des
35 maximalen Ladestromes bzw. des maximalen Entladestromes.

Die Ausgangssignale UV, OV, OCC und OCD der Differenzverstärker D1 bis D4 werden über ein ODER-Glied 11 dem einen Eingang eines UND-Gliedes 12 zugeführt, dessen anderer Eingang im Normalbetrieb vom Ausgang eines Inverters 13 ein
 5 Signal "H" erhält. Das Ausgangssignal V_L des UND-Gliedes 12 steuert dann das Öffnen des Lastschalters 3.

Zur Überwachung der Spannung über dem geöffneten Lastschalter 3 erhält ein Überspannungsdetektor 14 mit dem Verhalten
 10 einer bistabilen Kippstufe einerseits die Batteriespannung V_{batt} , andererseits die Spannung V_{sense} . Bei Erreichung oder Überschreitung eines in Abhängigkeit von der Durchbruchspannung des Lastschalters 3 definierten Spannungsgrenzwertes kippt der Überspannungsdetektor 14 in eine zweite, sta-
 15 bile Lage, in der er ein Ausgangssignal liefert, das über den Inverter 13 den zweiten Eingang des UND-Gliedes 12 auf "L" setzt, so daß der Lastschalter 3 schließt und die Überspannung verschwindet. Das gleiche Ausgangssignal erhält eine Verzögerungsschaltung 15, die nach einer Verzögerungs-
 20 zeit von beispielsweise einigen hundert Millisekunden ein Steuersignal an einen Anschluß V_K liefert, das das Schließen eines Kurzschlußschalters 20 steuert, der die Batterieanschlüsse über die Schmelzsicherung 2 verbindet. Hat zu diesem Zeitpunkt, also während der Verzögerungszeit, die an
 25 die äußeren Klemmen 5, 6 angeschlossene Spannungsquelle, z.B. ein fehlerhaftes Ladegerät, noch nicht zur Zerstörung der Schmelzsicherung 2 geführt, so wird letztere nun durch den von der Lithiumionenzelle 1 gelieferten, hohen Kurzschlußstrom sofort zerstört, so daß die Lithiumionenzelle 1
 30 sicher von den äußeren Klemmen 5, 6 der Schutzschaltung abgetrennt ist.

Der anschließende Spannungsanstieg macht die Schutzschaltung mit großer Wahrscheinlichkeit dauerhaft funktionsuntauglich.
 35 Dies wird jedoch bewußt in Kauf genommen.

Die gestrichelte Linie deutet an, daß sich die Teile der Steuerlogik 10 auf einem IC befinden können. Auf dem gleichen IC können aber auch der Lastschalter 3 und/oder der Kurzschlußschalter 20 und/oder die Schmelzsicherung 2 integriert sein.

Das Schließen des Kurzschlußschalters 20 führt zum sofortigen Zusammenbrechen der äußeren Versorgungsspannung der Schutzschaltung. Der Kurzschlußschalter 20 und der Lastschalter 3 müssen jedoch ihr Steuersignal wenigstens solange erhalten, bis die Schmelzsicherung 2 mit Sicherheit zerstört ist. Dies wird mittels eines Stützkondensators 16 erreicht, der zwischen der Spannung V_{batt} und einem Anschluß V_{supply} der Schutzschaltung liegt. Über einen als Diode angedeuteten Halbleiterschalter 17 ist der Stützkondensator 16 normalerweise auf die Batteriespannung aufgeladen. Fällt die äußere Versorgungsspannung weg, so öffnet der Schalter 17 und der Stützkondensator 16 liefert über die gestrichelt gezeichnete Verbindung noch für eine ausreichend lange Zeit die Versorgungsspannung für den Überspannungsdetektor 14 die Verzögerungsschaltung 15, den Inverter 13 und das UND-Glied 12.

Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Überspannungsdetektors. Die Bezeichnungen an den äußeren Anschlüssen entsprechen denjenigen der Fig. 1. Die Spannungen V_{batt} und V_{sense} liegen über Widerstände R_{11} bzw. R_{12} an Triggerelementen 141 bzw. 142 an. Die Triggerelemente sind nur symbolisch als Serienschaltung einer Zehnerdiode und einer Rückstromdiode dargestellt. Erreicht die Differenz zwischen V_{batt} und V_{sense} in positiver Richtung den niedriger als die Durchbruchspannung des Lastschalters 3 gewählten Wert der Schwellspannung des Triggerelementes 141, so wird dieses leitend. Damit wird der NMOS-Transistor T1 leitend. Die Spannung an seinem Lastwiderstand R_{13} geht gegen V_{batt} . Der nachgeschaltete Schmitt-Trigger 143 erzeugt daraus ein steilflankiges Signal, das am ersten Eingang eines NAND-Gliedes 145 anliegt, dessen Aus-

gang daraufhin auf "H" geht und damit eine steigende Takt-
 flanken Clk für den Takteingang eines darauffolgenden D-
 Flipflops 146 erzeugt, dessen D-Eingang auf "H" liegt, wo-
 durch dessen Ausgang Q ebenfalls auf "H" geht. Der Ausgang
 5 Q entspricht dem Ausgang des Schaltungsblocks 14 in Fig. 1.

Erreicht die Differenz zwischen V_{batt} und V_{sense} den festgelegten
 Spannungsgrenzwert in negativer Richtung, so wird in analo-
 ger Weise über das Triggerelement 142, den NMOS-Transistor
 10 T 2 und den NMOS-Transistor T3 eine Spannung erzeugt, die
 über den zweiten Schmitt-Trigger 144 und den zweiten Eingang
 des NAND-Gliedes 145 ebenfalls am Ausgang des D-Flipflops
 145 ein Signal "H" erzeugt. Der NMOS-Transistor T3 wirkt
 dabei lediglich als Kaskodetransistor, der sicherstellt, daß
 15 die zulässige Drain-Source-Spannung des Transistors T1 nicht
 überschritten wird.

Fig. 3 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel des Überspan-
 nungsdetektors 14 für eine Schutzschaltung entsprechend Fig.
 20 1. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 und
 bei prinzipiell gleichem Aufbau liegen an den Triggerelemen-
 ten nicht V_{batt} und V_{sense} sondern V_{common} und V_{sense} , also bei geöff-
 netem Lastschalter 3 die Spannung an den Lade-/Entladeklem-
 men 5, 6. Die Schaltung arbeitet im übrigen mit den gleichen
 25 Elementen wie die Schaltung nach Fig. 2 und hat deshalb auch
 die gleichen Bezugswerte, benötigt aber keinen Kaskade-
 transistor und PMOS- statt NMOS-Transistoren.

Auch eine Kombination der Schaltungen nach den Fig. 2 und 3
 30 kann Vorteile haben. Z.B. können negative Überspannungen mit
 der Schaltung nach Fig. 2 und positive Überspannungen mit
 der Schaltung nach Fig. 3 ausgewertet werden. Als weitere
 Verbesserung können die Triggerelemente 141 und 142 so
 ausgebildet werden, daß ihre Schwellspannungen z.B. tempera-
 35 turabhängig sind.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Lade-/Entlade-Schutzschaltung für eine über eine
5 Schmelzsicherung (2) abgesicherte, wiederaufladbare
Batterie (1), mit einer Steuerlogik (10), die einen
Laststromschalter (3) in Abhängigkeit von den Werten
der Batteriespannung, der Spannung an den Lade-/Ent-
lade-Anschlüssen (5, 6) der Schutzschaltung und dem
10 Lade- oder Entladestrom, schließt oder öffnet, dadurch
gekennzeichnet, daß die Steuerlogik (10) einen Über-
spannungsdetektor (14) enthält, der bei Erreichen ei-
nes in Abhängigkeit von der Spannungsfestigkeit der
Schutzschaltung festgelegten Spannungsgrenzwertes ei-
15 nen Kurzschlußschalter (20) schließt, der die Batte-
rieanschlüsse über die Schmelzsicherung (2) verbindet.
2. Schutzschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, daß der Überspannungsdetektor (14) als Eingangs-
20 spannung die Spannung über dem geöffneten Laststrom-
schalter (3) erhält.
3. Schutzschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, daß der Überspannungsdetektor (14) als Eingangs-
25 spannung die Differenz zwischen der Spannung an den
Lade-/Entlade-Anschlüssen (5, 6) und der Spannung an
den Batterieanschlüssen erhält.
4. Schutzschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da-
30 durch gekennzeichnet, daß die Steuerlogik (10) bei
Überschreitung des Spannungsgrenzwertes den zuvor of-
fenen Laststromschalter (3) und anschließend zeitver-
zögert den Kurzschlußschalter (20) schließt.
- 35 5. Schutzschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-
durch gekennzeichnet, daß die Steuerlogik (10) eine

erste Versorgungsspannung von der Batterie und eine zweite Versorgungsspannung von einer Hilfsspannungsquelle (16), insbesondere einem geladenen Stützkondensator, erhält.

- 5 6. Schutzschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Überspannungsdetektor eine bistabile Kippschaltung (146) umfaßt.
- 10 7. Schutzschaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal der bistabilen Kippschaltung (146) einerseits einer Verzögerungsschaltung (15), die das Steuersignal für das Schließen des Kurzschlußschalters (20) liefert, andererseits über einen Inverter (13) dem ersten Eingang eines UND-Gliedes (12) zugeführt wird, dessen Ausgangssignal den Lastschalter (3) steuert.
- 15 8. Schutzschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch einen Widerstand (4) als Stromfühler zur Ermittlung des Wertes des Lade- oder Entladestroms.
- 20 9. Schutzschaltung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Stromfühlerwiderstand der Durchlaßwiderstand des Laststromschalters (3) verwendet wird.
- 25 10. Schutzschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogik (10) je einen Komparator (D1, D2) zur Erkennung einer batterie-seitigen Über- oder Unterspannung hat und daß die Komparatorausgangssignale im Über- oder Unterspannungsfall das Öffnen des Laststromschalters (3) auslösen.
- 30 11. Schutzschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch einen parallel zu den Lade-/Ent-

ladeanschlüssen (5, 6) geschalteten Filterkondensator (7).

- 5 12. Schutzschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß mit Ausnahme von Kondensatoren zumindest alle Schaltungsteile geringer Verlustleistung auf einem Chip integriert sind.
- 10 13. Schutzschaltung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Chip mit Ausnahme der Kondensatoren sämtliche Teile der Schaltung, einschließlich des Lastschalters (3), des Kurzschlußschalters (20) und der Schmelzsicherung (2) integriert sind.

Fig. 1



